

- 1 -

United States Patent Application

By Takafumi ASADA, Hiroaki SAITO, Keigo KUSAKA, and Daisuke ITOU

Corresponding to the Japanese Patent Application:

No. 2002-355155, filed on December 6, 2002

5 発明の名称

流体軸受装置、及びディスク記録再生装置

発明の背景

本発明は、流体軸受装置及びそれを搭載するディスク記録再生装置に関する。

10 ディスク記録再生装置は磁気ディスクを含み、その磁気ディスクを回転させながら、その磁気ディスクに対しデータの読み書きを磁氣的に又は光学的に行う。ディスク記録再生装置には更なる大容量化及びデータ転送の高速化が要求される。従って、磁気ディスクの回転は更に高速で、かつ高精度に安定であることが望まれる。そのような高速かつ高精度の回転駆動系の軸部には流体軸受装置が適する。

15 図 6 は、従来の流体軸受装置の一例を示す断面図である。シャフト 31 の上端部はハブ 36 の中心に固定される。フランジ 33 は円環形状であり、その内部にシャフト 31 の下端部を通し、シャフト 31 の下端部に固定される。フランジ 33 の表面にはスラスト動圧発生溝 33A と 33B とが設けられる。スリーブ 32 の外面はベース 35 に固定され、スリーブ 32 の内面 32A はシャフト 31 を囲む。フランジ 33 はそのとき、スリーブ 32 の下面とベース 35 の内面とから成る凹部 32D の中
20 に収められる。スラスト板 34 はベース 35 に固定され、スリーブ 32 とベース 35 とにより囲まれる空間の下側を閉じる。スラスト板 34 の上面はそのとき、フランジ 33 の下面と対向する。この流体軸受装置では特に、スラスト板 34 がフランジ 33、スリーブ 32、及びベース 35 の間の隙間を外部から完全に遮断する。シャフト 31 の側面、又はスリーブ 32 の内面のいずれか一方又はその両方には、ラジ
25 アル動圧発生溝が設けられる。ラジアル動圧発生溝は通常、フランジ 33 側にあ

る第一の領域 32B と、スリーブ 32 の上側開口端側にある第二の領域 32C と、の二カ所に設けられる（図 6 に示される破線参照）。スラスト動圧発生溝 33A と 33B、及びラジアル動圧発生溝 32B と 32C は例えばヘリングボーン状の溝である（図 6 に示される破線参照）。オイル 42 は、シャフト 31、スリーブ 32、フランジ 33、スラスト板 34、及びベース 35 の間の隙間に充填される。ハブ 36 の外面には磁気ディスク 39 が、シャフト 31 と同軸に固定される。磁気ディスク 39 は一般に複数枚取り付けられる。磁気ディスク 39 の内周部の間にはスペーサ 40 が設置され、更にクランパ 41 が磁気ディスク 39 の内周部を上から押さえる。それにより、磁気ディスク 39 がハブ 36 に固定される。ハブ 36 の内面には磁石 38 が設置される。一方、ベース 35 にはステータ 37 が磁石 38 と対向して設置される。

上記の流体軸受装置は次のように動作する。ステータ 37 が通電されるとき、回転磁界が発生する。ハブ 36 は磁石 38 を通しその回転磁界から回転力を受ける。それにより、シャフト 31、ハブ 36、及び磁気ディスク 39 が一体となって、シャフト 31 を軸として回転する。その回転に伴い、オイル 42 はラジアル動圧発生溝に沿って流れ、第一の領域 32B 及び第二の領域 32C のそれぞれの中心部に集中する。その結果、それらの中心部ではシャフト 31 の半径方向の圧力が高まる。このポンピング作用がシャフト 31 とスリーブ 32 との間隔を安定に維持するので、磁気ディスク 39 の回転軸がシャフト 31 の半径方向には実質上動かない。同様に、オイル 42 はスラスト動圧発生溝 33A と 33B とに沿って流れ、スラスト動圧発生溝 33A と 33B とが設けられる領域それぞれの中心部に集中する。その結果、フランジ 33 の表面ではシャフト 31 の軸方向の圧力が高まる。このポンピング作用が、フランジ 33 とスリーブ 32 との間隔、及びフランジ 33 とスラスト板 34 との間隔を安定に維持する。それ故、磁気ディスク 39 の回転軸がシャフト 31 の軸方向から実質上傾かない。こうして、上記の流体軸受装置は、磁気ディスク 39 の高速回転を高精度に安定に維持する。

上記のような従来の流体軸受装置では、オイル 42 がラジアル動圧発生溝 32B と 32C との全体、及びスラスト動圧発生溝 33A と 33B との全体を覆う状態では、上記のポンピング作用が十分に発揮される。しかし、例えば使用時間の経過に伴い、オイル 42 には多数の微小な気泡（マイクロバブル）が混入する。オイル 42

が充填する隙間の中で特に圧力の低い場所にマイクロバブルは集まり、そこで大きな気泡に凝集する。図 7 は、上記の流体軸受装置について、気泡が生じやすい箇所を示す断面図である。図 7 に示される通り、気泡 43 は、第一の領域 32B と第二の領域 32C との中間領域 32E 近傍、及び、フランジ 33 の外周近傍に溜まりやすい。それらの気泡 43 が多量であるとき、又はオイル 42 の温度上昇に伴い膨張するとき、オイル 42 は気泡 43 の圧力に押されて移動する。それにより、オイル 42 は、シャフト 31 の上部とスリーブ 32 の上側開口部との間の隙間から外に流出しやすかった（図 7 に示される飛沫 42A 参照）。更に、オイル 42 の流出量が過大なとき、オイル 42 がラジアル動圧発生溝とスラスト動圧発生溝との全体を覆い切れない状態、いわゆる油膜切れが生じる。その場合、上記のポンピング作用が不十分になるので、例えば、シャフト 31 とスリーブ 32、又はフランジ 33 とスラスト板 34 とが極度に接触し、著しく摩耗するおそれがあった。

発明の概要

本発明の目的は、潤滑剤に混入するマイクロバブルを隙間の外へ逃げやすくして隙間内での凝集を防ぎ、ラジアル動圧発生溝とスラスト動圧発生溝との全体への潤滑剤の充填を確実に維持し、それにより高い信頼性を確保する流体軸受装置、の提供にある。

本発明による流体軸受装置は、

- (a) シャフト；
- (b) 実質的に円盤形状であり、シャフトの一端に固定されるフランジ；
- (c) 内部にシャフトが挿入されるとき、シャフトの周りに回転可能なスリーブであり、内面に設けられた凹部がフランジの表面に近接するスリーブ；
- (d) スリーブの第一の開口端を密閉し、スリーブの内部にシャフトが挿入されるときフランジに近接するスラスト板；並びに、
- (e) シャフトの側面とスリーブの内面との少なくともいずれかに設けられたラジアル動圧発生溝、及び、相対するフランジの表面とスラスト板の表面との少なくともいずれかに設けられたスラスト動圧発生溝、の全体を覆うように充填される潤滑剤；を有する。この流体軸受装置では特に、不等式 $A < B$ 、 $A < D$ 、 $C <$

5 B、 $C < D$ 、 $B < H$ 、 $D < H$ 、 $G < H$ 、が全て成立する。ここで、スラスト動圧発生溝近傍でのフランジとスラスト板との間のシャフトの軸方向の距離を A、フランジの外周とスリーブの上記の凹部との間のシャフトの半径方向の距離を B、フランジとスリーブの上記の凹部との間のシャフトの軸方向の距離を C、シャフトとフランジとの接合部周辺でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を D、ラジアル動圧発生溝近傍でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を G、スリーブの第二の開口端でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を H、とする。

10 本発明によるこの流体軸受装置は例えば、ディスク記録再生装置に搭載される。ここで、そのディスク記録再生装置は、

- (a) シャフトとスリーブとのいずれか一方を固定するベース；
- (b) シャフトとスリーブとのうち、ベースには固定されない方と接続され、シャフトを軸にして回転可能なハブ；
- (c) ベースとハブとの間に設置され、磁石とコイルとを含み、ハブに対しシャフト周りの回転力を作用させるためのモータ；
- 15 (d) ハブと同軸に固定された磁気ディスク；及び、
- (e) 磁気ディスクが上記のモータの回転力により回転するとき、磁気ディスクの表面に近接し、磁気ディスクに対し信号を記録し、磁気ディスクから信号を再生するヘッド；を具備する。

20 本発明による上記の流体軸受装置では、シャフト又はスリーブがシャフトを軸として回転するとき、潤滑剤がラジアル動圧発生溝に沿って流れ、所定の領域に集中する。その結果、シャフトとスリーブとの間の隙間では、シャフトの半径方向の圧力が高まる。このポンピング作用がシャフトとスリーブとの間隔を安定に維持するので、シャフト又はスリーブの回転軸がシャフトの半径方向には実質上動かない。同様に、潤滑剤はスラスト動圧発生溝に沿って流れ、所定の領域に集中する。その結果、フランジの表面ではシャフトの軸方向の圧力が高まる。このポンピング作用が、フランジとスリーブの凹部との間隔、及びフランジとスラスト板との間隔を安定に維持する。それ故、シャフト又はスリーブの回転軸がシャフトの軸方向から実質上傾かない。こうして、本発明による上記の流体軸受装置

25

は、シャフト又はスリーブの高速回転を高精度に安定に維持する。

本発明による上記の流体軸受装置では、スリーブ、シャフト、フランジ、及びスラスト板の間の隙間が上記のように設定される。すなわち、スラスト動圧発生溝近傍の隙間はその周辺の隙間より狭い。更に、その周辺の隙間はスリーブの第二の開口端近傍の隙間より狭い。その上、ラジアル動圧発生溝近傍の隙間はスリーブの第二の開口端近傍の隙間より狭い。そのとき、潤滑剤のシール力は、スラスト動圧発生溝近傍で最も強く、フランジ周辺の隙間でその次に強く、スリーブの第二の開口端近傍で最も弱い。更に、ラジアル動圧発生溝近傍でのシール力が、スリーブの第二の開口端近傍でのシール力より強い。このようなシール力の勾配が、潤滑剤内のマイクロバブルをスラスト動圧発生溝近傍とラジアル動圧発生溝近傍とから遠ざけ、更にスリーブの第二の開口端まで押し戻す。マイクロバブルは特にフランジの外周近傍までは到達しがたい。こうして、マイクロバブルの凝集による気泡の発生が防止され、気泡の発生と膨張とによる潤滑剤の流出が回避される。従って、潤滑剤がラジアル動圧発生溝とスラスト動圧発生溝との全体を安定に覆い続け、いわゆる油膜切れが生じない。すなわち、上記のポンピング作用が安定に維持され、シャフトとスリーブとの間隔が安定に維持される。それ故、本発明による上記の流体軸受装置は信頼性が高い。

本発明による上記の流体軸受装置では、ラジアル動圧発生溝が、フランジ側にある第一の領域と、スリーブの第二の開口端側にある第二の領域と、の二カ所に設けられても良い。そのとき、好ましくは、不等式 $E < D$ 、 $E < F$ 、 $G < D$ 、 $G < F$ 、 $F < H$ 、が全て成立する。ここで、第一の領域でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を E 、第一の領域と第二の領域との中間領域でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を F 、第二の領域でのシャフトとスリーブとの間のシャフトの半径方向の距離を G 、とする。それにより、第一と第二との領域近傍の隙間、すなわちラジアル動圧発生溝近傍の隙間はいずれも、それらの周辺の隙間より狭い。更に、それらの周辺の隙間はスリーブの第二の開口端近傍の隙間より狭い。そのとき、潤滑剤のシール力は、ラジアル動圧発生溝近傍で最も強く、第二の領域とフランジとの中間領域近傍の隙間、及び第一の領域と第二の領域との中間領域近傍の隙間でその次に強く、スリーブの

第二の開口端近傍で最も弱い。このようなシール力の勾配が、潤滑剤内のマイクロバブルをラジアル動圧発生溝近傍から遠ざけ、更にスリーブの第二の開口端まで押し戻す。マイクロバブルは特に、第一の領域と第二の領域との中間領域には留まりにくい。こうして、マイクロバブルの凝集による気泡の発生が防止され、

5 気泡の発生と膨張とによる潤滑剤の流出が回避される。従って、潤滑剤がラジアル動圧発生溝の全体を安定に覆い続け、いわゆる油膜切れが生じない。すなわち、上記のラジアル方向でのポンピング作用が安定に維持され、シャフトとスリーブとの間隔が安定に維持される。それ故、本発明による上記の流体軸受装置は更に信頼性が高い。

10 本発明による上記の流体軸受装置では、好ましくは、潤滑剤がオイルとグリスとのいずれか一つから成り、40℃で少なくとも $4 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の動粘度を示す。そのような潤滑剤では気泡の混入率が顕著に低減する。例えば、エステルオイル又はネオペンチルゴレコールオイルが上記の潤滑剤に適している。そのような潤滑剤の利用が、気泡の発生と膨張とによる潤滑剤の流出を更に効果的に防止する。

15 従って、本発明による上記の流体軸受装置は更に信頼性が高い。

本発明による上記の流体軸受装置は以上の通り、信頼性が高い。その流体軸受装置がディスク記録再生装置に搭載されるとき、そのディスク記録再生装置では、磁気ディスクの回転が更に高速化でき、かつ更に高精度に安定化できる。その結果、大容量化及びデータ転送の高速化が容易に向上できる。その上、そのディスク記録再生装置は高い信頼性を長期間維持できる。

20

発明の新規な特徴は添付の請求の範囲に特に記載したものに他ならないが、構成及び内容の双方に関して本発明は、他の目的や特徴と合わせて図面と共に以下の詳細な説明を読むことにより、より良く理解され評価されるであろう。

図面の簡単な説明

25 図1は、本発明の実施形態による流体軸受装置近傍の断面図である。

図2は、本発明の実施形態による流体軸受装置の詳細を示す断面図である。

図 3 は、本発明の実施形態による流体軸受装置の変形例の詳細を示す断面図である。

図 4 は、本発明の実施形態による流体軸受装置について、隙間の大きさと潤滑剤のシール力との関係を示すグラフである。

5 図 5 は、本発明の実施形態によるディスク記録再生装置の断面図である。

図 6 は、従来の流体軸受装置の一例を示す断面図である。

図 7 は、図 6 に示される従来の流体軸受装置について、気泡が生じやすい箇所を示す断面図である。

10 図面の一部又は全部は、図示を目的とした概要的表現により描かれており、必ずしもそこに示された要素の実際の相対的大きさや位置を忠実に描写しているとは限らないことは考慮願いたい。

発明の詳細な記述

以下、本発明の最適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

15 図 5 は、本発明の実施形態によるディスク記録再生装置の断面図である。このディスク記録再生装置は、ベース 6、流体軸受装置、ハブ 7、ステータ 8、磁石 9、磁気ディスク 10、クランパ 11、スペーサ 12、上蓋 14、回動アーム 15、及び支柱 16 を有する。流体軸受装置は、スリーブ 1、シャフト 2、フランジ 3、及び、スラスト板 4 を有する。ベース 6 と上蓋 14 とは互いに嵌め合わされ、箱形の筐体を構成する。そのとき、ベース 6 と上蓋 14 とは筐体内を密封し、外部からのゴミ等、異物の混入を防ぐ。スリーブ 1 はベース 6 の穴に挿入され、固定される。
20 スラスト板 4 はスリーブ 1 の下側開口端を密閉する。ここで、スラスト板 4 は、例えばレーザ溶接、精密加締め、接着等でスリーブ 1 の下側開口端に固定される。スラスト板 4 はその他に、ベース 6 に固定されても良い。シャフト 2 はスリーブ 1 内に、自身を軸として回転可能に挿入される。フランジ 3 はシャフト 2 の下端

部に固定され、その下面がスラスト板 4 の上面に近接する。シャフト 2 の上端はハブ 7 にネジ 13 で固定される。こうして、ハブ 7 がスリーブ 1 の周りを、シャフト 2 を軸として回転する。その他に、シャフト 2 がベース 6 に固定され、スリーブ 1 がハブ 7 に固定されても良い。その場合、ハブ 7 はスリーブ 1 と共に、シャフト 2 を軸として回転する。ハブ 7 の外面には磁気ディスク 10 が、シャフト 2 と同軸に固定される。磁気ディスク 10 は例えば複数枚取り付けられる。ここで、磁気ディスク 10 は一枚でも良い。磁気ディスク 10 の内周部の間にはスペーサ 12 が設置され、更にクランパ 11 が磁気ディスク 10 の内周部を上から押さえる。それにより、磁気ディスク 10 がハブ 7 に固定される。ステータ 8 はスリーブ 1 の周囲でベース 6 に固定される。一方、磁石 9 がハブ 7 の内面に、ステータ 8 と対向して設置される。支柱 16 の下端部はベース 6 に固定される。回動アーム 15 は先端部にヘッド 18 を有し、後端部で支柱 16 と回動可能に接続される。回動アーム 15 は磁気ディスク 10 の片面に一つずつ、与えられる。

図 1 は、上記の流体軸受装置近傍の断面図である。ラジアル動圧発生溝は例えばスリーブ 1 の内面に、二カ所に分けて設けられる（図 1 に示される破線参照）。その二カ所の領域のうち、フランジ 3 側の領域を第一の領域 1A とし、スリーブ 1 の上側開口端側の領域を第二の領域 1B とする。ラジアル動圧発生溝はスリーブ 4 の内面に代え、又はスリーブ 4 の内面に加え、シャフト 2 の側面に設けられても良い。ラジアル動圧発生溝は例えばヘリングボーン状の溝である。ラジアル動圧発生溝はその他に、スパイラル状であっても良い。スリーブ 4 の内面の下側開口端には凹部 1C が設けられる。その凹部 1C の中にフランジ 3 が収められる。フランジ 3 の下面と上面とにはスラスト動圧発生溝 3A と 3B とがそれぞれ設けられる。スラスト動圧発生溝はその他に、フランジ 3 の片面だけに設けられても良い。スラスト動圧発生溝はフランジ 3 の表面に代え、又はフランジ 3 の表面に加え、スリーブ 4 の上記の凹部 1C の表面又はスラスト板 4 の上面のいずれか又はその両方に設けられても良い。スラスト動圧発生溝は例えばヘリングボーン状の溝である。スラスト動圧発生溝はその他に、スパイラル状であっても良い。潤滑剤 5 は好ましくはオイルである。その他にグリスであっても良い。潤滑剤 5 は、スリーブ 1（又はスラスト板 4）とシャフト 2（又はフランジ 3）との間の隙間に充填される。

上記のディスク記録再生装置が磁気ディスク 10 に対しデータの記録／再生を行うとき、上記の流体軸受装置は次のように動作する（図 1 と 5 参照）。ステータ 8 が通電されるとき、回転磁界が発生する。ハブ 7 は磁石 9 を通しその回転磁界から回転力を受ける。それにより、シャフト 2、ハブ 7、及び磁気ディスク 10 が一体となって、シャフト 2 を軸として回転する。その回転に伴い、潤滑剤 5 は、スリーブ 1 の第一の領域 1A と第二の領域 1B との近傍ではラジアル動圧発生溝に沿って流れ、それぞれの領域の中心部に集中する。その結果、それらの中心部ではシャフト 2 の半径方向の圧力が高まる。このポンピング作用がスリーブ 1 とシャフト 2 との間隔を安定に維持するので、磁気ディスク 10 の回転軸がシャフト 2 の半径方向には実質上動かない。同様に、潤滑剤 5 はフランジ 3 の表面ではスラスト動圧発生溝 3A と 3B とに沿って流れ、フランジ 3 の表面それぞれの中間部に集中する。その結果、フランジ 3 の表面ではシャフト 2 の軸方向の圧力が高まる。このポンピング作用が、スリーブ 1 の下側開口端の凹部 1C とフランジ 3 との間隔、及びフランジ 3 とスラスト板 4 との間隔を安定に維持する。それ故、磁気ディスク 10 の回転軸がシャフト 2 の軸方向から実質上傾かない。こうして、上記の流体軸受装置は、磁気ディスク 10 の高速回転を高精度に安定に維持する。

磁気ディスク 10 の高速回転時、回動アーム 15 は支柱 16 を軸に回動し、ヘッド 18 を磁気ディスク 10 上の目的地へ移動させる。ここで、ヘッド 18 は磁気ディスク 10 の高速回転により磁気ディスク 10 の表面から微小距離を置いて浮上する。ヘッド 18 は磁気ディスク 10 上の目的地で、磁気ディスク 10 にデータを書き込み、又は磁気ディスク 10 からデータを読み出す。ここで、上記の流体軸受装置が磁気ディスク 10 の高速回転を高精度に安定に維持するので、ヘッド 18 によるデータの読み書きは信頼性が高い。

本発明の実施形態による上記の流体軸受装置では特に、スリーブ 1、シャフト 2、フランジ 3、及びスラスト板 4 の間の隙間の大きさが以下のように場所により異なる。図 2 は、上記の流体軸受装置の詳細を示す断面図である。スリーブ 1 の内面には複数の凹部が設けられる。それらの凹部は、下から順に、下側開口端の凹部 1C、そのすぐ上側にある小凹部 1D、第一の領域 1A と第二の領域 1B との間の中間領域 1E、及び、上側開口端の凹部 1F である。以下、軸方向及び半径方

向はそれぞれ、シャフト 2 の軸方向及び半径方向を指す。フランジ 3 の下面にあるスラスト動圧発生溝 3A とスラスト板 4 との間の隙間 A での軸方向の距離を A、フランジ 3 の外周とスリーブ 1 の下側開口端の凹部 1C との間の隙間 B での半径方向の距離を B、フランジ 3 の上面にあるスラスト動圧発生溝 3B とスリーブ 1 の下側開口端の凹部 1C との間の隙間 C での軸方向の距離を C、スリーブ 1 の小凹部 1D とシャフト 2 との間の隙間 D での半径方向の距離を D、スリーブ 1 の第一の領域 1A とシャフト 2 との間の隙間 E での半径方向の距離を E、スリーブ 1 の中間領域 1E とシャフト 2 との間の隙間 F での半径方向の距離を F、スリーブ 1 の第二の領域 1B とシャフト 2 との間の隙間 G での半径方向の距離を G、スリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F とシャフト 2 との間の隙間 H での半径方向の距離を H、とする（ここで、隙間と距離との対応関係を明瞭にする目的で、両者を同じ符号で表す）。そのとき、不等式 $A < B$ 、 $A < D$ 、 $C < B$ 、 $C < D$ ； $B < H$ 、 $D < H$ ； $E < D$ 、 $E < F$ 、 $G < D$ 、 $G < F < H$ 、が全て成立する。すなわち、スラスト動圧発生溝 3A と 3B との近傍の隙間 A と C とはその周辺の隙間 B と D とより狭く（ $A < B$ 、 $A < D$ 、 $C < B$ 、 $C < D$ ）、その周辺の隙間 B と D とはスリーブ 1 の上側開口端近傍の隙間 H より狭い（ $B < H$ 、 $D < H$ ）。その上、ラジアル動圧発生溝近傍の隙間 E と G とはその周辺の隙間 D と F とより狭く（ $E < D$ 、 $E < F$ 、 $G < D$ 、 $G < F$ ）、その周辺の隙間 D と F とはスリーブ 1 の上側開口端近傍の隙間 H より狭い（ $D < H$ 、 $F < H$ ）。

一般に、隙間が狭いほど、そこに充填される潤滑剤 5 のシール力が強い。図 4 は、本発明の実施形態による上記の流体軸受装置について、隙間の大きさと潤滑剤 5 のシール力との関係を示すグラフである。図 4 では、横軸が隙間の大きさをマイクロメータ（ μm ）で表し、縦軸がシール力をパスカル（Pa）で表す。図 4 では特に、図 2 に示される隙間 A、B、C、…、H ごとに、それぞれの大きさと潤滑剤 5 のシール力との対応の一例が示される。図 4 に示される通り、潤滑剤 5 のシール力は、スラスト動圧発生溝近傍の隙間 A と C、及びラジアル動圧発生溝近傍の隙間 E と G で最も強く、それらの周辺の隙間 B、D、及び F でその次に強く、スリーブ 1 の上側開口端近傍の隙間 H で最も弱い。このようなシール力の勾配が、潤滑剤 5 内のマイクロバブルをスラスト動圧発生溝近傍 A と C、及びラジアル動圧発生溝近傍 E と G から遠ざけ、更に、スリーブ 1 の上側開口端まで押し戻す。

マイクロバブルは特に、スリーブ 1 の中間領域 1E 近傍の隙間 F には留まりにくく、その上、フランジ 3 の外周近傍の隙間 B までは到達しがたい。こうして、上記の流体軸受装置ではマイクロバブルの凝集による気泡の発生が防止され、気泡の発生と膨張とによる潤滑剤 5 の流出が回避される。従って、潤滑剤 5 がラジアル動圧発生溝とスラスト動圧発生溝との全体を安定に覆い続け、いわゆる油膜切れが生じない。すなわち、上記のポンピング作用が安定に維持され、スリーブ 1 とシャフト 2 との間隔が安定に維持される。それ故、本発明の実施形態による上記の流体軸受装置は信頼性が特に高い。

図 4 は、図 2 に示される隙間 A ～ H それぞれの大きさと潤滑剤 5 のシール力との対応の一例に過ぎない。潤滑剤 5 のシール力がマイクロバブルによる潤滑剤 5 内への侵入を上記のように阻止するには、隙間 A ～ H はそれぞれ次のように設定されれば良い。第一の領域 1A 近傍の隙間 E と第二の領域 1B 近傍の隙間 G とでは、半径方向の距離が $1 \sim 10 \mu m$ であれば良い。スラスト動圧発生溝 3A と 3B とのそれぞれの近傍の隙間 A と C とでは軸方向の距離が $10 \sim 60 \mu m$ であれば良い。第一の領域 1A の隣接領域での隙間 D と F とでは、半径方向の距離が $20 \sim 100 \mu m$ であれば良い。スリーブ 1 の下側開口端の凹部 1C とフランジ 3 の外周との間の隙間 B では、半径方向の距離が $50 \sim 300 \mu m$ であれば良い。スリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F とシャフト 2 との間の隙間 H では、半径方向の距離が $50 \sim 800 \mu m$ であれば良い。

本発明の実施形態による上記の流体軸受装置では、好ましくは、潤滑剤 5 が $40^\circ C$ で少なくとも $4 \times 10^{-6} m^2/s$ の動粘度を示す。潤滑剤 5 の動粘度がその条件を満たすとき、気泡の混入率が顕著に低減する。その事実、上記の流体軸受装置を透明な部材で構成し、その動作中、マイクロバブルによる潤滑剤 5 内への侵入を観察することで明らかになった。従って、例えば、エステルオイル又はネオペンチルゴレコールオイルが潤滑剤 5 に適している。そのような潤滑剤 5 の利用が、気泡の発生と膨張とによる潤滑剤 5 の流出を更に効果的に防止する。従って、本発明による上記の流体軸受装置は更に信頼性が高い。

本発明の実施形態による上記の流体軸受装置では、スリーブ 1 の内面に代え、又はその内面に加え、シャフト 2 の側面に同様な複数の凹部が設けられても良い。

更に、上記の複数の凹部 1C ~ 1F 以外の形状が、スリーブ 1 の内面、シャフト 2 の側面、又はフランジ 3 の表面に付加されても良い。図 3 は、本発明の実施形態による流体軸受装置の変形例の詳細を示す断面図である。図 3 では、図 2 に示される構成要素と同様な構成要素に対し、図 2 に示される符号と同じ符号が付される。図 3 に示されるように、フランジ 3 の下面の内周部に凹部 3C が設けられても良い。そのとき、フランジ 3 の下側の隙間はフランジ 3 の内周部近傍 J でスラスト動圧発生溝 3A 近傍 A より広い。従って、潤滑剤 5 のシール力はフランジ 3 の内周部近傍 J でスラスト動圧発生溝 3A 近傍 A より弱い（図 4 参照）。それ故、潤滑剤 7 がフランジ 3 の下側の隙間ではスラスト動圧発生溝 3A 近傍 A に特に集中するので、スラスト動圧発生溝 3A の全体を確実に覆い続ける。更に、スリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F とシャフト 2 との間の隙間 H でのシャフト 2 の半径方向の距離を H、フランジ 3 の内周部近傍の隙間 J でのシャフト 2 の軸方向の距離を J とすると、不等式 $J < H$ が成立する。例えば、フランジ 3 の内周部近傍の隙間 J での上記の距離 J は $50 \sim 300 \mu m$ であれば良い。そのとき、潤滑剤 5 のシール力はフランジ 3 の内周部近傍 J でスリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F 近傍 H より強い（図 4 参照）。その結果、マイクロバブルはフランジ 3 の内周部近傍 J には溜まりにくい。

図 3 に示されるように、スリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F の更に上側に小凸部 1G が隣接されても良い。その小凸部 1G はスリーブ 1 の上側開口の面積を狭め、スリーブ 1 とシャフト 2 との間の隙間へのゴミ及び空気の侵入を防ぐ。ここで、スリーブ 1 の上側開口端の凹部 1F とシャフト 2 との間の隙間 H がその他の隙間 A ~ G より大きいことによる上記の効果、すなわちシール力の勾配によるマイクロバブルの排除効果は、スリーブ 1 の小凸部 1G の存在によっても損なわれない。

本発明による流体軸受装置は以上の通り、スリーブの高速回転を高精度に安定に維持し、かつマイクロバブルの凝集による潤滑剤の流出を防止するので、信頼性が高い。ディスク記録再生装置はこの流体軸受装置の搭載により、更なる大容量化及びデータ転送の高速化を容易に実現でき、高い信頼性を長期間維持できる。従って、ディスク記録再生装置によるその流体軸受装置の搭載は、工業上の利用

価値が極めて高い。

発明をある程度の詳細さをもって好適な形態について説明したが、この好適形態の現開示内容は構成の細部において変化してしかるべきものであり、各要素の組合せや順序の変化は請求された発明の範囲及び思想を逸脱することなく実現し得るものである。

5

請求の範囲

1. (a) シャフト；

(b) 実質的に円盤形状であり、前記シャフトの一端に固定されるフランジ；

5 (c) 内部に前記シャフトが挿入されるとき、前記シャフトの周りに回転可能なスリーブであり、内面に設けられた凹部が前記フランジの表面に近接するスリーブ；

(d) 前記スリーブの第一の開口端を密閉し、前記スリーブの内部に前記シャフトが挿入されるとき前記フランジに近接するスラスト板；並びに、

10 (e) 前記シャフトの側面と前記スリーブの内面との少なくともいずれかに設けられたラジアル動圧発生溝、及び、相対する前記フランジの表面と前記スラスト板の表面との少なくともいずれかに設けられたスラスト動圧発生溝、の全体を覆うように充填される潤滑剤；

を有する流体軸受装置であり、

15 前記スラスト動圧発生溝近傍での前記フランジと前記スラスト板との間の前記シャフトの軸方向の距離を A、前記フランジの外周と前記スリーブの前記凹部との間の前記シャフトの半径方向の距離を B、前記フランジと前記スリーブの前記凹部との間の前記シャフトの軸方向の距離を C、前記シャフトと前記フランジとの接合部周辺での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を D、前記ラジアル動圧発生溝近傍での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を G、前記スリーブの第二の開口端での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を H、とすると、
20 不等式 $A < B$ 、 $A < D$ 、 $C < B$ 、 $C < D$ 、 $B < H$ 、 $D < H$ 、 $G < H$ 、が全て成立する、

流体軸受装置。

25 2. 前記ラジアル動圧発生溝が、前記フランジ側にある第一の領域と、前記スリーブの前記第二の開口端側にある第二の領域と、の二カ所に設けられ；

前記第一の領域での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を E、前記第一の領域と前記第二の領域との中間領域での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を F、前記第二の領域

での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を G 、
とすると、不等式 $E < D$ 、 $E < F$ 、 $G < D$ 、 $G < F$ 、 $F < H$ 、が全て成立する；

請求項 1 記載の流体軸受装置。

3. 前記潤滑剤がオイルとグリスとのいずれか一つから成り、40℃で少なくとも $4 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の動粘度を示す、請求項 1 記載の流体軸受装置。

4. (a) (i) シャフト；

(ii) 実質的に円盤形状であり、前記シャフトの一端に固定されるフランジ；

(iii) 内部に前記シャフトが挿入されるとき、前記シャフトの周りに回転可能なスリーブであり、内面に設けられた凹部が前記フランジの表面に近接するスリーブ；

(iv) 前記スリーブの第一の開口端を密閉し、前記スリーブの内部に前記シャフトが挿入されるとき前記フランジに近接するスラスト板；及び、

(v) オイルとグリスとのいずれか一つから成り、40℃で少なくとも $4 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の動粘度を示す潤滑剤であり、前記シャフトの側面と前記スリーブの内面との少なくともいずれかに設けられたラジアル動圧発生溝、及び、相対する前記フランジの表面と前記スラスト板の表面との少なくともいずれかに設けられたスラスト動圧発生溝、の全体を覆うように充填される潤滑剤；

を有する流体軸受装置であり、

前記スラスト動圧発生溝近傍での前記フランジと前記スラスト板との間の前記シャフトの軸方向の距離を A 、前記フランジの外周と前記スリーブの前記凹部との間の前記シャフトの半径方向の距離を B 、前記フランジと前記スリーブの前記凹部との間の前記シャフトの軸方向の距離を C 、前記シャフトと前記フランジとの接合部周辺での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を D 、前記ラジアル動圧発生溝近傍での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を G 、前記スリーブの第二の開口端での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を H 、とすると、不等式 $A < B$ 、 $A < D$ 、 $C < B$ 、 $C < D$ 、 $B < H$ 、 $D < H$ 、 $G < H$ 、が全て成立する、

流体軸受装置；

- (b) 前記シャフトと前記スリーブとのいずれか一方を固定するベース；
- (c) 前記シャフトと前記スリーブとのうち、前記ベースには固定されない方と接続され、前記シャフトを軸にして回転可能なハブ；
- (d) 前記ベースと前記ハブとの間に設置され、磁石とコイルとを含み、前記ハブに対し前記シャフト周りの回転力を作用させるためのモータ；
- (e) 前記ハブと同軸に固定された磁気ディスク；並びに、
- (f) 前記磁気ディスクが前記回転力により回転するとき、前記磁気ディスクの表面に近接し、前記磁気ディスクに対し信号を記録し、前記磁気ディスクから信号を再生するヘッド；

10 を具備する、ディスク記録再生装置。

5. 前記ラジアル動圧発生溝が、前記フランジ側にある第一の領域と、前記スリーブの前記第二の開口端側にある第二の領域と、の二カ所に設けられ；

15 前記第一の領域での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を E 、前記第一の領域と前記第二の領域との中間領域での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を F 、前記第二の領域での前記シャフトと前記スリーブとの間の前記シャフトの半径方向の距離を G 、とすると、不等式 $E < D$ 、 $E < F$ 、 $E < H$ 、 $F < H$ 、 $G < D$ 、 $G < F$ 、 $G < H$ 、が全て成立する；

請求項 4 記載のディスク記録再生装置。

20 6. 前記潤滑剤がオイルとグリスとのいずれか一つから成り、 40°C で少なくとも $4 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の動粘度を示す、請求項 4 記載のディスク記録再生装置。

要約書

スリーブ 1 はベースに固定される。スリーブ 1 の内面にはラジアル動圧発生溝 1A と 1B とが設けられる。スラスト板 4 はスリーブ 1 の下側開口端を密閉する。シャフト 2 はスリーブ 1 内に回転可能に挿入される。フランジ 3 はシャフト 2 の
5 下端部に固定され、その下面がスラスト板 4 の上面に近接する。フランジ 3 の表面にはスラスト動圧発生溝 3A と 3B とが設けられる。潤滑剤 5 は、スリーブ 1、シャフト 2、フランジ 3、及びスラスト板 4 の間の隙間 A ~ H に充填される。ス
10 リーブ 1 の内面には凹部 1C ~ 1F が設けられる。スラスト動圧発生溝 3A と 3B との近傍の隙間 A と C とはその周辺の隙間 B と D とより狭く ($A < B$ 、 $A < D$ 、 $C < B$ 、 $C < D$)、その周辺の隙間 B と D とはスリーブ 1 の上側開口端近傍の隙間 H より狭い ($B < H$ 、 $D < H$)。ラジアル動圧発生溝近傍の隙間 E と G とはその周辺の隙間 D と F とより狭く ($E < D$ 、 $E < F$ 、 $G < D$ 、 $G < F$)、その周辺の隙間 D と F とはスリーブ 1 の上側開口端近傍の隙間 H より狭い ($D < H$ 、 $F < H$)。